

# Method to determine angular position or velocity of rotating shaft or axle, for use with IC engine

Publication number: DE19822843

Publication date: 1999-11-25

Inventor: TAUSCHER JOACHIM (DE); WENGER CHRISTOPH (DE)

Applicant: SMART ELECTRONIC DEV GMBH (DE)

Classification:

- International: G01D5/14; G01D5/245; G01P3/489; H03M1/30; H03M1/06; G01D5/12; G01P3/42; H03M1/22; H03M1/06; (IPC1-7): G01B7/30; F02D41/00; G01D5/249; G01P3/481; H03M1/30

- European: G01P3/489; G01D5/14B2; G01D5/245C1B; H03M1/30Q

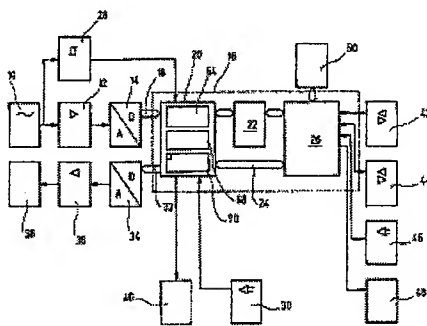
Application number: DE19981022843 19980522

Priority number(s): DE19981022843 19980522

Report a data error here

## Abstract of DE19822843

A coded disc (54) is fixed to the axle (52). The disc has incremental angular sensors (10) that generate a sinusoidal analogue signal, which is sampled using an ADC to convert it to digital form. The digital values are filtered and normalized in an analysis unit and compared with stored reference values to produce high-resolution angular position data. - DETAILED DESCRIPTION - An INDEPENDENT CLAIM is made for a circuit arrangement for making high resolution angular position measurements of a rotating axle



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide



⑮ **BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 22 843 A 1**

⑲ Aktenzeichen: 198 22 843.0  
⑳ Anmeldetag: 22. 5. 98  
㉑ Offenlegungstag: 25. 11. 99

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**G 01 B 7/30**  
G 01 P 3/481  
G 01 D 5/249  
H 03 M 1/30  
F 02 D 41/00

**DE 198 22 843 A 1**

⑦① Anmelder:  
Smart Electronic Development GmbH, 70191  
Stuttgart, DE

⑦④ Vertreter:  
Wolf & Lutz, 70193 Stuttgart

⑦② Erfinder:  
Tauscher, Joachim, 70499 Stuttgart, DE; Wenger,  
Christoph, 70499 Stuttgart, DE

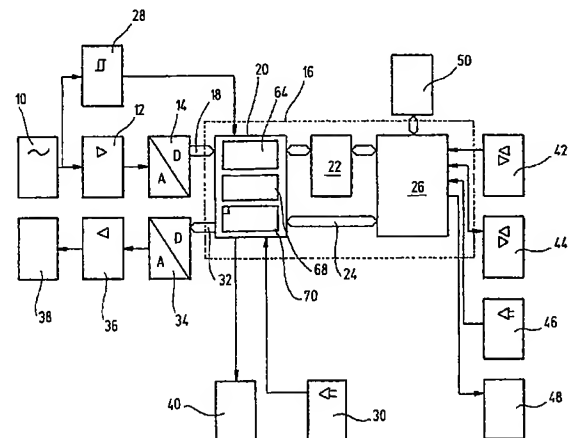
⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE 44 10 955 C2  
DE 40 29 828 C2  
DE 32 13 800 C2  
DE 197 43 247 A1  
DE 196 52 988 A1  
DE 195 48 385 A1  
DE 44 28 333 A1  
DE 43 28 584 A1  
DE 43 28 584 A1  
DE 43 03 209 A1  
DE 42 43 778 A1  
DE 39 10 346 A1  
DE 38 04 481 A1  
DE 36 23 449 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑤④ Verfahren und Schaltungsanordnung zur hochauflösenden Bestimmung der Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl einer Welle

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Bestimmung der Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl einer Welle (52). Hierfür wird mittels eines eine drehfest mit der Welle verbundene Codierscheibe (54) aufweisenden inkrementalen Drehwinkelsensors (10) ein sinusförmig variierendes Analogsignal abgetastet und über einen Analog/Digital-Wandler (14) in Digitalwerte umgesetzt. Die Digitalwerte lassen sich in einer elektronischen Auswerteeinheit (20) durch geeignete Filter- und Normierungsroutinen (64, 68) rechnerisch aufbereiten und mit in einem Speichermittel (70) hinterlegten Referenzdaten vergleichen, um auf diese Weise hochauflösende Drehwinkelinformationen zu erhalten.



**DE 198 22 843 A 1**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und Schaltungsanordnung zur hochauflösenden Bestimmung der Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl einer Welle, insbesondere der Kurbel- oder Nockenwelle einer Brennkraftmaschine.

Zur Drehwinkelermessung ist es bekannt, Drehwinkelsensoren bzw. Winkelcodierer einzusetzen, die eine mit Umfangsmarkierungen versehene, mit der Meßwelle drehfest verbundene Codierscheibe und einen ortsfesten Meßfühler aufweisen, welcher beim berührungslosen Abtasten der Markierungen ein periodisches Analogsignal liefert. Das Analogsignal in Digitalimpulse gewandelt und die Drehwinkelinformation durch Impulzzählung gewonnen. Die erreichbare Auflösung ist damit durch den Winkelabstand der Markierungen der Codierscheibe begrenzt, wobei unter Berücksichtigung der erforderlichen mechanischen Stabilität bzw. Standzeit und des geforderten geringen Herstellungsaufwandes keine signifikanten Auflösungssteigerungen möglich sind. Einer höherauflösenden analogen Signalverarbeitung steht entgegen, daß die Amplituden der abgetasteten Signale insbesondere beim Einsatz im Bereich der Motortechnik starken Störeinflüssen wie Drehzahl- und Temperaturschwankungen sowie Drifterscheinungen unterworfen sind.

Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein störungsunempfindliches Verfahren und eine entsprechende Anordnung zur hochauflösenden Bestimmung von Drehwinkelinformationen anzugeben, mit welchem bei geringem Bauaufwand des Drehwinkelsensors auch bei rauhem Meßbetrieb genaue und selbst bei Änderung der Meßparameter reproduzierbare Meßergebnisse erhalten werden.

Zur Lösung dieser Aufgabe werden nach der Erfindung die in den unabhängigen Patentansprüchen 1 und 11 angegebenen Merkmalskombinationen vorgeschlagen. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Die Erfindung geht von dem Gedanken aus, durch eine digitale amplitudenmäßige Auswertung der erfaßten Sensorsignale in Verbindung mit gespeicherten Referenzdaten eine Auflösungssteigerung und zugleich eine Fehlerkorrektur zu ermöglichen. Entsprechend wird zur verfahrensmäßigen Lösung der vorgenannten Aufgabe vorgeschlagen, daß eine drehfest mit der Welle verbundene, in Umfangsrichtung verteilt angeordnete Markierungen aufweisende Codierscheibe zur Erzeugung eines beim Abtasten der Markierungen in einem jeweiligen Abtastzyklus sinusoidal variierenden Analogsignals abgetastet wird, das Analogsignal mittels eines Analog/Digital-Wandlers in eine Vielzahl von Digitalwerten in jedem Abtastzyklus sequentiell umgesetzt wird, und die Digitalwerte durch eine Auswerteeinheit rechnerisch aufbereitet und mit in einem Speichermittel hinterlegten, einer jeweiligen Drehwinkelstellung der Welle zugeordneten Referenzdaten verglichen werden. Durch geeignete Wahl der Taktrate des Analog/Digital-Wandlers lassen sich damit gegenüber der einfachen Impulzzählung beträchtliche Auflösungssteigerungen erzielen, wobei durch die rechnerische Verarbeitung der Meßdaten Störeinflüsse auf einfache Weise korrigiert werden können und der Vergleich mit Referenzdaten eine Kompensation von Fertigungstoleranzen der Codierscheibe erlaubt.

Um Amplitudenänderungen insbesondere bei unterschiedlichen Meßbedingungen ausgleichen zu können, ist es von Vorteil, wenn die Digitalwerte durch Verknüpfung mit einem vorbestimmten Korrekturwert rechnerisch auf einen Referenzdaten angepaßte Amplitude normiert werden. Dies läßt sich auf einfache Weise dadurch erreichen, daß der

Korrekturwert aus dem Verhältnis eines vorgegebenen Kalibrierwerts und eines aus den Digitalwerten ermittelten Effektiv- oder Integralwerts bestimmt wird.

Gemäß einer bevorzugten Ausführung werden die Digitalwerte in einem gegebenen Abtastzyklus bipolar in positiven und negativen Halbperioden umgesetzt und durch Verknüpfung mit ihrer zeitlichen Ableitung den vier Quadranten einer harmonischen Schwingung zugeordnet. Damit lassen sich die Digitalwerte auch bei gleichem Betrag ihrer analogen Signalamplituden in jeder Abtastperiode eindeutig voneinander unterscheiden. Zudem ist es damit möglich, Informationen über die Drehwinkelstellung auch in einer Markierungslücke der Codierscheibe zu erhalten. Zu den genannten Zwecken ist es besonders günstig, wenn aus den in vorgegebenen Zeitabständen  $t_i$  fortlaufend erfaßten Digitalwerten  $f(t_i)$  ein aufbereiteter Signalverlauf  $f \cdot (t_i)$  gemäß der Beziehung

$$f \cdot (t_i) = f(t_i)/F(t_i)$$

ermittelt wird, wobei  $f(t_i)$  die zeitliche Ableitung von  $f(t)$  bedeutet.

Um eine Bestimmung der absoluten Winkelstellung der Welle bezüglich eines feststehenden Lagers zu ermöglichen, kann ein durch eine Lücke der in definiertem Winkelabstand voneinander angeordneten Markierungen der Codierscheibe erzeugtes Lückensignal ausgewertet werden.

Zur eindeutigen zyklusweisen Zuordnung der Digitalwerte zu den Markierungen der Codierscheibe und einem dadurch möglichen Toleranzausgleich ist es vorteilhaft, wenn aus dem Analogsignal oder daraus abgeleiteten Digitalgrößen durch Auswerten charakteristischer Signalverläufe wie Nulldurchgänge die Anzahl der Abtastzyklen fortlaufend bestimmt wird.

Zur Gewinnung der Drehwinkelinformation auch bei unterschiedlichen Meßaufbauten ist es von Vorteil, wenn die Referenzdaten durch Referenzmessungen bei vorgegebenen Drehwinkelstellungen der Welle aus dabei erfaßten, gegebenenfalls gemittelten Digitalwerten ermittelt und als Wertepaare in fester Zuordnung zu der jeweiligen Drehwinkelstellung gespeichert werden. Vorteilhaft ist in diesem Zusammenhang eine mehrdimensionale Hinterlegung, wobei die Referenzdaten in Abhängigkeit von Meßparametern wie Drehzahl der Welle oder Umgebungstemperatur parametrisiert erfaßt und in Form einer Tabelle oder Referenzfunktion gespeichert werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausführung der Erfindung sieht vor, daß die aus den Digitalwerten ermittelte momentane Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl der Welle über einen Digital/Analog-Wandler als Analogsignal auf eine Anzeigeeinheit, beispielsweise ein Oszilloskop, zur möglichen Durchführung von Echtzeit-Untersuchungen ausgegeben wird.

Im Hinblick auf eine Vorrichtung wird die eingangs gestellte Aufgabe durch die Kombination folgender Merkmale gelöst:

- einem Drehwinkelsensor zur Erzeugung eines beim Abtasten der Markierungen in einem jeweiligen Abtastzyklus sinusoidal variierenden Analogsignals, welcher eine drehfest mit der Welle verbindbare, mit in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Markierungen versehene Codierscheibe aufweist,
- einem Analog/Digital-Wandler zum sequentiellen Umsetzen des Analogsignals in eine Vielzahl von Digitalwerten in jedem Abtastzyklus, und
- einer elektronischen Auswerteeinheit, die Aufbereitungsmittel zum rechnerischen Aufbereiten der Digi-

talwerte und Vergleichsmittel zum Vergleichen der aufbereiteten Digitalwerte mit in einem Speichermittel hinterlegten, einer jeweiligen Drehwinkelstellung der Welle zugeordneten Referenzdaten aufweist.

Um ein in erster Näherung von der Winkelgeschwindigkeit unabhängiges Meßsignal zu erhalten, weist der Drehwinkelsensor einen Hallgenerator, eine Feldplatte oder einen magnetoresistiven Kühler als Signalgeber auf, und die Markierungen der Codierscheibe sind als die magnetische Flußdichte in einem den Signalgeber enthaltenden magnetischen Kreis ändernde Zähne oder Ausnehmungen ausgebildet. Grundsätzlich kann hier auch ein optischer Geber vorgesehen sein. Zur Ermittlung absoluter Winkeldaten sind die Markierungen der Codierscheibe in definiertem Winkelabstand voneinander angeordnet, wobei durch eine fehlende Markierung eine einer vorgegebenen absoluten Winkelstellung der Welle entsprechende Lücke gebildet ist.

Zur Eliminierung von Störeinflüssen ist es von Vorteil, wenn die Aufbereitungsmittel Programmroutinen zum Filtern und Normieren der Digitalwerte umfassen. Dabei kann die Auswerteeinheit ein durch eine Programmroutine gebildetes, als Bandpaßfilter ausgebildetes Digitalfilter zum vorzugsweise drehzahlabhängigen Filtern der Digitalwerte aufweisen.

Um eine Zeitbasis für die Digitalwerte vorzugeben und damit die Auflösung einzustellen, ist es vorgesehen, daß die Auswerteeinheit einen mit einer vorgegebenen Taktrate arbeitenden Taktgeber zur Ansteuerung des Analog/Digital-Wandlers aufweist.

Zur eindeutigen Zuordnung der beim Abtasten der Markierungen als Sinuskurve erfaßten Digitalwerte zu den zugehörigen Winkelstellungen ist es von Vorteil, wenn der Analog/Digital-Wandler oder eine nachgeschaltete Einheit zur bipolaren oder gleichspannungsfreien Umsetzung des Analogsignals ausgebildet ist und die Auswerteeinheit Mittel zum Differenzieren der in zeitlicher Abfolge erfaßten Digitalwerte aufweist.

Eine Grobbestimmung der momentanen Winkelstellung wird durch einen mit dem Analogsignal beaufschlagbaren und auf einen vorgegebenen Schwellenwert ansprechenden, ausgangsseitig mit der Auswerteeinheit verbundenen Komparator zur Erzeugung von den Abtastzyklen zugeordneten digitalen Inkrementsignalen ermöglicht.

Um die für Echtzeitmessungen erforderliche hohe Rechenleistung bereitzustellen, kann die Auswerteeinheit als digitaler Signalprozessor, als anwendungsorientierter festverdrahteter Halbleiterbaustein (ASIC) oder als programmierbare Halbleiter-Gatteranordnung ausgebildet sein. Denkbar ist es hier auch, daß die Auswerteeinheit durch einen Mikroprozessor mit geeignet hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit gebildet ist.

Eine weitere bevorzugte Ausführung der Erfindung sieht vor, daß die Auswerteeinheit zur Steuerung, Regelung oder Triggerung insbesondere der Brennkraftmaschine zugehöriger externer Einheiten mindestens einen Synchronisationsausgang aufweist. Weiter ist es vorteilhaft, wenn die Auswerteeinheit mindestens einen Eingang zur Einspeisung von äußeren Betriebszuständen, insbesondere Motorfunktionen der Brennkraftmaschine zugeordneten Meßsignalen aufweist.

Um Steuerfunktionen ausüben und zusätzliche Auswertungen gegebenenfalls im Off-line-Betrieb durchführen zu können, ist vorteilhafterweise eine vorzugsweise als Mikrocontroller oder Personalcomputer ausgebildete Kontrolleinheit vorgesehen, welche zur Übermittlung von Meßdaten vorzugsweise über ein Dual-Port-RAM mit der Auswerteeinheit verbunden ist.

Zur Untersuchung von Schwingungsvorgängen, insbesondere Torsionsschwingungen ist es vorteilhaft, wenn an der Welle zwei Drehwinkelsensoren im axialen Abstand voneinander angeordnet sind.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung in schematischer Weise dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 ein Blockschaltbild einer Schaltungsanordnung zur hochauflösenden Bestimmung der Drehwinkelstellung bzw. Drehzahl einer Welle;

Fig. 2 einen Drehwinkelsensor der Schaltungsanordnung mit einer drehfest mit der Welle verbundenen Codierscheibe;

Fig. 3 ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs des mit dem Drehwinkelsensor erfaßten Analogsignals;

Fig. 4 ein Zeitdiagramm der in diskreten Zeitabständen umgesetzten und gefilterten Digitalwerte, und

Fig. 5 ein Diagramm des zeitlichen Verlaufs von rechnerisch aufbereiteten Digitalwerten.

Die in der Zeichnung dargestellte Schaltungsanordnung dient zur Ergänzung von hochauflösenden digitalen Drehzahl- und Drehwinkelinformationen und umfaßt einen ein sinusförmiges Analogsignal liefernden inkrementalen Drehwinkelsensor 10, einen über einen vorgeschalteten Meßverstärker 12 mit dem Drehwinkelsensor 10 verbundenen Analog/Digital-Wandler 14 und eine Verarbeitungseinrichtung 16, die eine eingangsseitig mit dem Analog/Digital-Wandler 14 über einen parallelen Eingangsbus 18 gekoppelte, einen digitalen Signalprozessor umfassende Auswerteeinheit 20 und eine über ein Dual-Port-RAM 22 sowie einen Steuerbus 24 mit der Auswerteeinheit 20 verbundenen Mikrocontroller 26 aufweist.

Zur Einspeisung eines digitalen Inkrementsignals ist ein mit dem Analogsignal des Drehwinkelsensors 10 beaufschlagbarer Komparator 28 mit einem Eingang der Auswerteeinheit 20 verbunden. Über einen weiteren digitalen Eingang 30 lassen sich äußeren Betriebszuständen zugeordnete Meßsignale zur Korrelation mit den Drehwinkelinformationen in die Auswerteeinheit 20 einspeisen. Die mittels der Auswerteeinheit 20 bestimmte momentane Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl kann über einen Ausgangsbus 32, einen Digital/Analog-Wandler 34 und einen nachgeordneten Ausgangsverstärker 36 auf eine Anzeigeeinheit 38 ausgegeben werden. Ein digitaler Ausgang 40 der Auswerteeinheit 20 dient zur Steuerung, Regelung oder Triggerung von externen Einheiten.

Der Mikrocontroller 26 ermöglicht eine Offline-Auswertung der von der Auswerteeinheit 20 über das RAM 22 bereitgestellten Meßdaten. Zusätzlich können über den Steuerbus 24 Steuerbefehle, Konfigurationsdaten und Meßereignisdaten zwischen dem Mikrocontroller 26 und der Auswerteeinheit 20 übermittelt werden. Externe Systeme können mit dem Mikrocontroller 26 über Busschnittstellen (z. B. CAN-Bus 42, RS232-Schnittstelle 44) sowie über digitale Steuereingänge 46 und Ausgänge 48 gekoppelt werden. Eine LED-Anzeige 50 ermöglicht eine einfache Darstellung von Status- und Betriebsartinformationen.

Der in Fig. 2 dargestellte Drehwinkelsensor 10 weist eine drehfest mit der Meßwelle 52 verbundene Codierscheibe 54 auf, welche über umfangsseitige Markierungen 56 mit einem beispielsweise als Hallgenerator ausgebildeten Signalgeber 58 zusammenwirkt. Die der Einfachheit halber nur in einem Sektor dargestellten Markierungen 56 sind durch radiale Randausnehmungen gebildet, welche in Umfangsrichtung der Codierscheibe in gleichem Winkelabstand voneinander verteilt angeordnet sind. Durch eine fehlende Markierung 56 ist an einer Umfangsstelle der Codierscheibe 54 eine Lücke 60 gebildet, welche eine absolute Drehwinkelbe-

stimmung ermöglicht. Beim Umlauf verursachen die Markierungen 56 in einem durch den ortsfest fixierten Signalgeber 58 geschlossenen magnetischen Kreis zeitliche Änderungen der magnetischen Flußdichte, welche sich in einem sinusförmigen Verlauf des von dem Signalgeber gelieferten 5 Analogsignals widerspiegeln. Aufgrund dieser magnetogalvanischen Kopplung ist die Signalamplitude unabhängig von der Drehgeschwindigkeit der Codierscheibe 54. Jeder Markierung 56 läßt sich eine Periode in dem Analogsignal und entsprechend ein Abtastzyklus zuordnen.

Fig. 3 zeigt den zeitlichen Verlauf des auf diese Weise gewonnenen Analogsignals  $S(t)$ . Dessen Amplitude ist in Abhängigkeit von Meßparametern wie der Umgebungstemperatur Schwankungen unterworfen und kann von Störungen überlagert sein. Die einzelnen Periodendauern bzw. Abtastzyklen können aufgrund von Winkeltoleranzen der Markierungen 56 variieren. Beim Durchlauf der Lücke 60 entsteht ein Lückensignal 62 entsprechend einer fehlenden Signalperiode. Zur digitalen Erfassung des Analogsignals wird der Analog/Digital-Wandler 14 mit einer vorgegebenen Taktrate 15  $1/t_i$  mittels eines nicht gezeigten Taktgebers angesteuert, wodurch die erreichbare Winkelaufösung bei gegebener Drehzahl  $n$  der Welle 52 festgelegt wird.

Die sequentiell in Zeitabständen  $t_i$  abgetasteten Digitalwerte werden in der Auswerteeinheit 20 rechnerisch verarbeitet. In einem ersten Aufbereitungsschritt werden die Digitalwerte durch eine Aufbereitungsstufe 64 digital gefiltert, wobei ein Bandpaßfilter durch eine geeignete Programmroutine softwaremäßig realisiert wird. Die so erhaltenen, in Fig. 4 gezeigten gefilterten Digitalwerte  $f(t_i)$  können dann in einem weiteren Verarbeitungsschritt normiert werden, um Amplitudenschwankungen auszugleichen. Bei einer einfachen Amplitudennormierung ist es vorgesehen, daß die Digitalwerte  $f(t_i)$  durch einen Korrekturwert dividiert werden, welcher aus dem Effektivwertverhältnis zwischen den Daten 20  $f(t_i)$  und einem vorbestimmten Effektivwert gebildet wird. Alternativ oder ergänzend können normierte Digitalwerte  $f \cdot (t_i)$  rechnerisch gemäß der Beziehung

$$f \cdot (t_i) = f(t_i)/f'(t_i)$$

ermittelt werden, wobei  $f'(t_i)$  die durch eine Differenzieroutine erhaltene zeitliche Ableitung von  $f(t)$  bedeutet. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß die Digitalwerte in einem gegebenen Abtastzyklus in positiven und negativen Halbperioden gleichspannungsfrei ermittelt werden. Ein entsprechender Signalverlauf ist in Fig. 5 für zwei das Lückensignal 62 enthaltende Signalperioden dargestellt, wobei die Werte  $f \cdot (t_i)$  zwischen den die Wendepunkte von  $f(t_i)$  markierenden Übergangsstellen 66 monoton ansteigen. Auf diese Weise lassen sich die Digitalwerte anhand der jeweiligen Vorzeichen der Signalverläufe  $f(t_i)$  und  $f \cdot (t_i)$  in jedem Abtastintervall eindeutig den vier Quadranten der abgetasteten Sinusschwingung zuordnen.

Zur Bestimmung der in den aufbereiteten Digitalwerten enthaltenen Drehwinkelinformation werden diese durch Vergleichsmittel 68 der Auswerteeinheit 20 mit in einem Speichermittel 70 hinterlegten Referenzdaten verglichen. Die Referenzdaten werden durch vorhergehende Referenzmessungen bei vorgegebenen Drehwinkelstellungen der Welle 52 in der vorstehend beschriebenen Weise erfaßt und als sogenanntes Template in Form einer Tabelle oder einer analytischen Referenzfunktion gespeichert. Dabei können äußere Meßparameter durch eine entsprechend parametrisierte, mehrdimensionale Referenzdatenerfassung berücksichtigt werden. Die Referenzdaten können eine vollständige Umdrehung der Welle 52 oder bei bestehender Signalperiodizität auch nur einen entsprechenden Sektorausschnitt

repräsentieren. Um eine eindeutige zyklusweise Zuordnung der Referenzdaten und der Digitalwerte zu den Markierungen 56 der Codierscheibe 54 zu erhalten, werden durch Auswertung der Nulldurchgänge der Digitalwerte oder anhand des von dem Komparator 28 gelieferten Inkrementsignals die abgetasteten Markierungen 56 fortlaufend mitgezählt. Damit ist es durch einen Wertevergleich zwischen den abgetasteten Digitalwerten und den Referenzdaten möglich, den entsprechenden Drehwinkel  $\alpha$  der Welle 52 zu bestimmen und unter Berücksichtigung der Abtastzeit  $t_i$  die zugehörige momentane Drehzahl zu berechnen.

Das vorstehend beschriebene Prinzip der Drehwinkel- und Drehzahlerfassung eröffnet vorteilhafte Anwendungsmöglichkeiten vor allem im Bereich der Steuerungstechnik von Brennkraftmaschinen. Hier können über den Eingang 30 abgefragte Schaltzeitpunkte der Mengenmagnetventile oder die Einspritzzeitpunkte der Einspritzdüsen in Beziehung zu den mittels eines oder mehrerer Drehwinkelsensoren 10 an der Kurbel- oder Nockenwelle abgetasteten Drehwinkelinformationen gesetzt werden. Zugleich ist es auch möglich, durch Ausgabe von Steuersignalen über den Ausgang 40 drehwinkelabhängige Motorfunktionen wie Einspritzbeginn, Zündzeitpunkt, Schließ- und Öffnungswinkel zu steuern oder zu regeln.

Zusammenfassend ist folgendes festzuhalten: Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Schaltungsanordnung zur Bestimmung der Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl einer Welle 52. Hierfür wird mittels eines eine drehfest mit der Welle verbundene Codierscheibe 54 aufweisenden inkrementalen Drehwinkelsensors 10 ein sinusförmig variierendes Analogsignal abgetastet und über einen Analog/Digital-Wandler 14 in Digitalwerte umgesetzt. Die Digitalwerte lassen sich in einer elektronischen Auswerteeinheit 20 durch geeignete Filter- und Normierungsroutinen 64, 68 rechnerisch aufbereiten und mit in einem Speichermittel 70 hinterlegten Referenzdaten vergleichen, um auf diese Weise hochauflösende Drehwinkelinformationen zu erhalten.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur hochauflösenden Bestimmung der Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl einer Welle (52), insbesondere der Kurbel- oder Nockenwelle einer Brennkraftmaschine, bei welchem eine drehfest mit der Welle (52) verbundene, in Umfangsrichtung verteilt angeordnete Markierungen (56) aufweisende Codierscheibe (54) zur Erzeugung eines beim Abtasten der Markierungen (56) in einem jeweiligen Abtastzyklus sinusoidal variierenden Analogsignals abgetastet wird, das Analogsignal mittels eines Analog/Digital-Wandlers (14) in eine Vielzahl von Digitalwerten in jedem Abtastzyklus sequentiell umgesetzt wird, und die Digitalwerte durch eine Auswerteeinheit (20) rechnerisch aufbereitet und mit in einem Speichermittel (70) hinterlegten, einer jeweiligen Drehwinkelstellung der Welle (52) zugeordneten Referenzdaten verglichen werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Digitalwerte durch Verknüpfung mit einem vorbestimmten Korrekturwert rechnerisch auf eine den Referenzdaten angepaßte Amplitude normiert werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Korrekturwert aus dem Verhältnis eines vorgegebenen Kalibrierwerts und eines aus den Digitalwerten ermittelten Effektiv- oder Integralwerts bestimmt wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Digitalwerte in einem gegebenen Abtastzyklus bipolar in positiven und nega-

tiven Halbperioden umgesetzt und durch Verknüpfung mit ihrer zeitlichen Ableitung den vier Quadranten einer harmonischen Schwingung zugeordnet werden.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß aus den in vorgegebenen Zeitabständen  $t_i$  fortlaufend erfaßten Digitalwerten  $f(t_i)$  ein aufbereiteter Signalverlauf  $f \cdot (t_i)$  gemäß der Beziehung

$$f \cdot (t_i) = f(t_i)/f'(t_i) \quad 10$$

ermittelt wird, wobei  $f'(t_i)$  die zeitliche Ableitung von  $f(t_i)$  bedeutet.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bestimmung der absoluten Winkelstellung der Welle (52) ein durch eine Lücke (60) der in definiertem Winkelabstand voneinander angeordneten Markierungen (56) der Codierscheibe (54) erzeugtes Lückensignal (62) ausgewertet wird. 15 20

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß aus dem Analogsignal oder daraus abgeleiteten Digitalgrößen durch Auswerten charakteristischer Signalverläufe wie Nulldurchgänge die Anzahl der Abtastzyklen zur eindeutigen zyklusweisen Zuordnung der Digitalwerte zu den Markierungen (56) der Codierscheibe (54) fortlaufend bestimmt wird. 25

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzdaten durch Referenzmessungen bei vorgegebenen Drehwinkelstellungen der Welle (52) aus den dabei erfaßten, gegebenenfalls gemittelten Digitalwerten ermittelt und als Wertepaare in fester Zuordnung zu der jeweiligen Drehwinkelstellung gespeichert werden. 30 35

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzdaten in Abhängigkeit von Meßparametern wie Drehzahl der Welle (52) oder Umgebungstemperatur parametrisiert erfaßt und in Form einer Tabelle oder Referenzfunktion gespeichert werden. 40

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die aus den Digitalwerten ermittelte momentane Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl der Welle (52) über einen Digital/Analog-Wandler (34) als Analogsignal auf eine Anzeigeeinheit (38) ausgegeben wird. 45

11. Schaltungsanordnung zur hochauflösenden Bestimmung der Drehwinkelstellung und/oder Drehzahl einer Welle (52), insbesondere der Kurbel- oder Nockenwelle einer Brennkraftmaschine, mit einem drehfest mit der Welle (52) verbindbare, mit in Umfangsrichtung verteilt angeordneten Markierungen (56) versehene Codierscheibe (54) aufweisenden Drehwinkelsensor (10) zur Erzeugung eines beim Abtasten der Markierungen (56) in einem jeweiligen Abtastzyklus sinusoidal variierenden Analogsignals, einem Analog/Digital-Wandler (14) zum sequentiellen Umsetzen des Analogsignals in eine Vielzahl von Digitalwerten in jedem Abtastzyklus, und einer elektronischen Auswerteeinheit (20), die Aufbereitungsmittel (64) zum rechnerischen Aufbereiten der Digitalwerte und Vergleichsmittel (68) zum Vergleichen der aufbereiteten Digitalwerte mit in einem Speichermittel (70) hinterlegten, einer jeweiligen Drehwinkelstellung der Welle (52) zugeordneten Referenzdaten aufweist. 50 55 60 65

12. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Drehwinkelsensor (10) einen

Hallgenerator, eine Feldplatte oder einen magnetoresistiven Fühler als Signalgeber (58) aufweist, und daß die Markierungen der Codierscheibe (54) als die magnetische Flußdichte in einem den Signalgeber (58) enthaltenden magnetischen Kreis ändernde Zähne oder Ausnehmungen (56) ausgebildet sind.

13. Schaltungsanordnung nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß die Markierungen (56) der Codierscheibe (54) in definiertem Winkelabstand voneinander angeordnet sind, wobei durch eine fehlende Markierung eine einer vorgegebenen absoluten Winkelstellung der Welle (52) entsprechende Lücke (60) gebildet ist.

14. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufbereitungsmittel (64) Programmroutinen zum Filtern und Normieren der Digitalwerte umfassen.

15. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (20) ein durch eine Programmroutine gebildetes, als Bandpaßfilter ausgebildetes Digitalfilter zur vorzugsweise drehzahlabhängigen Filterung der Digitalwerte aufweist.

16. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (20) einen Taktgeber zur Ansteuerung des Analog/Digital-Wandlers (14) mit einer vorgegebenen Abtastrate aufweist.

17. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß der Analog/Digital-Wandler (14) zur bipolaren Umsetzung des Analogsignals ausgebildet ist, und daß die Auswerteeinheit (20) Mittel zum Differenzieren der in zeitlicher Abfolge erfaßten Digitalwerte aufweist.

18. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 17, gekennzeichnet durch einen mit dem Analogsignal beaufschlagbaren und auf einen vorgegebenen Schwellenwert ansprechenden, ausgangsseitig mit der Auswerteeinheit (20) verbundenen Komparator (28) zur Erzeugung von den Abtastzyklen zugeordneten digitalen Inkrementsignalen.

19. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (20) als digitaler Signalprozessor, als anwendungsorientierter festverdrahteter Halbleiterbaustein (ASIC) oder als programmierbare Halbleiter-Gatteranordnung ausgebildet ist.

20. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (20) mindestens einen Synchronisationsausgang (40) zur Steuerung, Regelung oder Triggerung insbesondere der Brennkraftmaschine zugehöriger externer Einheiten aufweist.

21. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit (20) mindestens einen Eingang (30) zur Einspeisung von äußeren Betriebszuständen, insbesondere Motorfunktionen der Brennkraftmaschine zugeordneten Meßsignalen aufweist.

22. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 21, gekennzeichnet durch eine vorzugsweise als Mikrocontroller oder Personalcomputer ausgebildete Kontrolleinheit (26), welche zur Übermittlung von Meßdaten vorzugsweise über ein Dual-Port-RAM (22) mit der Auswerteeinheit (20) verbunden ist.

23. Schaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 11 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß an der Welle (52) zwei Drehwinkelsensoren (10) im axialen Abstand

voneinander angeordnet sind.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



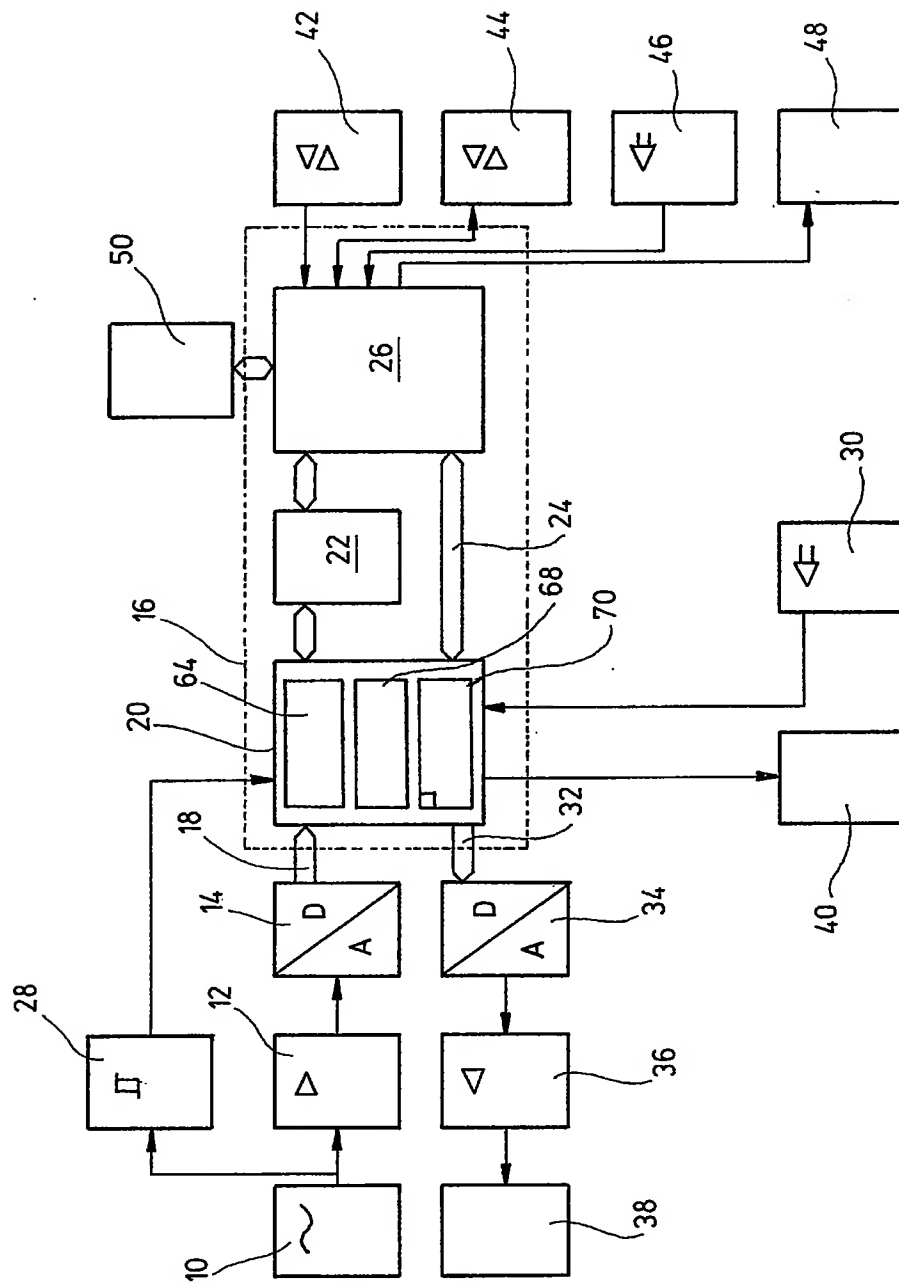


Fig.1

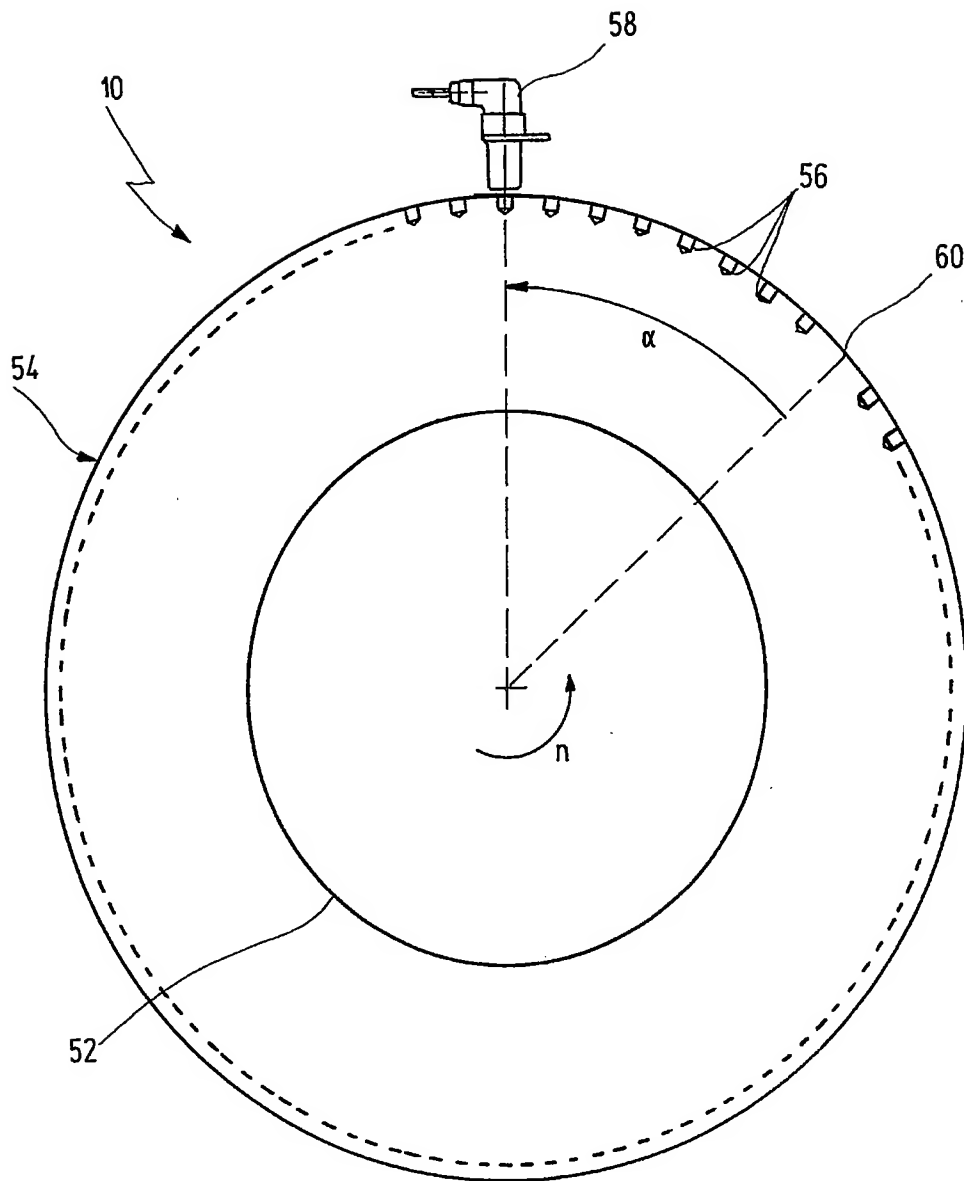


Fig. 2

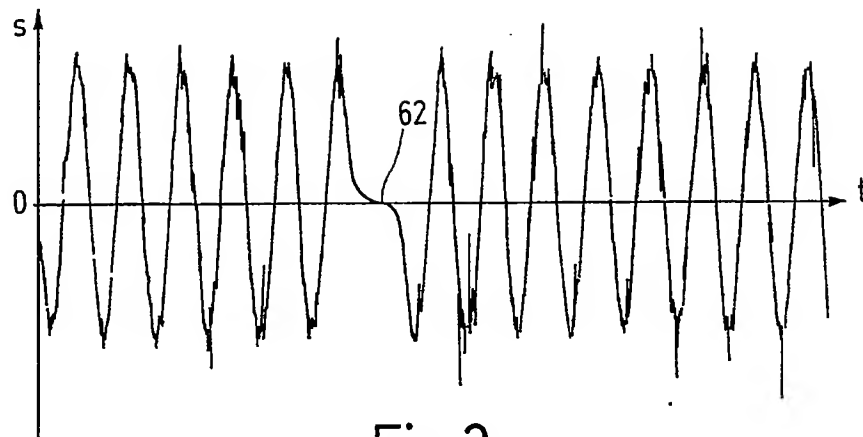


Fig. 3

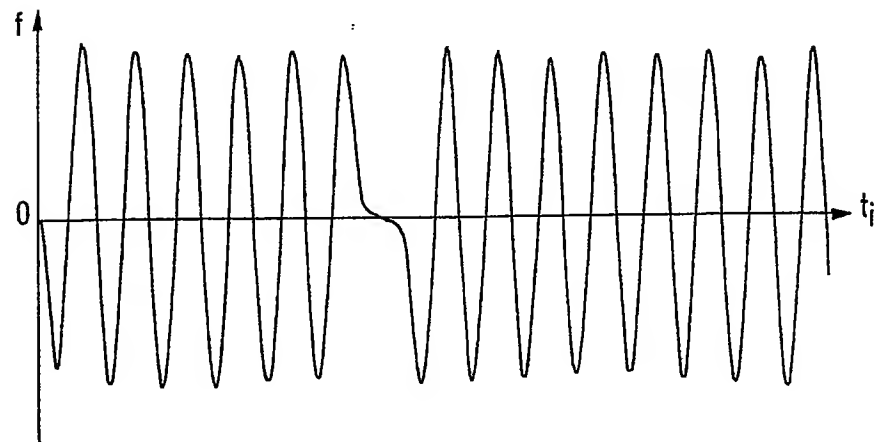


Fig. 4

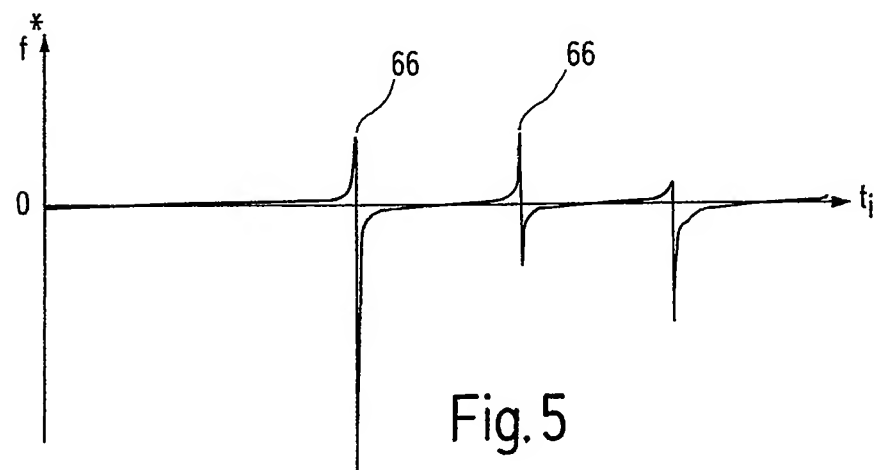


Fig. 5